

**REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE**  
Ministère de la recherche Scientifique  
et de l'Enseignement Supérieur



**INSTITUT DES SAVANES**  
*Département des Cultures Vivrières*  
*Filière R/D*



*Centre de coopération  
Internationale en Recherche  
Agronomique pour le  
Développement*

**ETAT PHYSIQUE DU SOL DE PARCELLES PAYSANNES  
DU NORD DE LA COTE D'IVOIRE  
APRES CINQ ANS DE CULTURE CONTINUE  
SOUS DIFFERENTS MODES DE GESTION DU SOL**

**J.L. CHOPART**

Ingénieur de recherches CIRAD IDESSA

Avec la collaboration technique de :  
Niangoran KOFFI et E. Guei BAH IDESSA

Travaux réalisés dans le PES de Tchololévogo (resp: H. Charpentier)

Avril 1995

Note technique  
N° 12/95 R/D

République de Côte d'Ivoire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la Recherche Scientifique

Institut des Savanes  
BP 633  
Bouaké 01  
Côte d'Ivoire

ETAT PHYSIQUE DU SOL DE PARCELLES PAYSANNES DU  
NORD DE LA COTE D'IVOIRE APRES CINQ ANS DE CULTURE CONTINUE  
SOUS DIFFERENTS MODES DE GESTION DU SOL

Jean Louis CHOPART  
Agronome CIRAD IDESSA

Avec la collaboration technique de :

Niangoran KOFFI et Eric GUEI BA  
IDESSA

Travaux réalisés dans le PES de Tchololévogo  
(responsable : H. Charpentier)

AVRIL 1995

Note technique  
DCV RD N°12/95  
Idessa

ETAT PHYSIQUE DU SOL DE PARCELLES PAYSANNES DU NORD DE LA COTE  
D'IVOIRE APRES CINQ ANS DE CULTURE CONTINUE  
SOUS DIFFERENTS MODES DE GESTION DU SOL

Jean Louis CHOPART

avec la collaboration technique de :  
Niangoran KOFFI et Eric GUEI BA

RESUME

Une caractérisation de l'état physique et hydrodynamique d'un sol ferrallitique de Côte d'Ivoire a été réalisée dans des parcelles en milieu réel, après 5 ans de culture continue sous différents modes de gestion du sol : labours à la charrue à soc, profond ou superficiel, préparation aux disques, semis direct ou avec une reprise, plante de couverture. On a mesuré des caractéristiques physiques (texture, densité, résistance à la pénétration), et hydrodynamiques du sol (conductivité hydraulique, sorptivité capillaire, pores hydrauliquement fonctionnels, infiltrabilité), ainsi que les profils racinaires. Le mode de gestion du sol avec labour profond donne les résultats les plus satisfaisants, et l'autre technique de travail du sol, aux disques, les moins bons, avec apparition d'un tassement du sol sous la couche travaillée. Le labour aux boeufs, d'une profondeur équivalente à celle du pulvérisage aux disques, donne des résultats intermédiaires. Un semis direct après le labour permet de mieux conserver la structure créée par celui-ci. L'absence d'effets défavorables sur le sol après cinq ans de culture continue en labour profond motorisé plaide pour la durabilité de ce mode de gestion du sol. En revanche, une technique de "labour" avec un cover crop, pouvant avoir un intérêt technique et économique, manifeste ici ses limites agronomiques. Les résultats obtenus montrent l'utilité d'un diagnostic en milieu réel de l'état physique du sol, outil, parmi d'autres, d'aide à la décision en matière de gestion durable du sol en agriculture fixée des zones tropicales.

Mots clés : Milieu paysan / travail du sol / état physique du sol / infiltrabilité / gestion durable du sol.



## INTRODUCTION

Les effets sur le sol et la production de différentes techniques de travail du sol ont déjà été étudiés dans les zones de savanes de Côte d'Ivoire. On a ainsi montré l'intérêt, par rapport à des techniques de semis direct ou de travail superficiel, d'un labour à la charrue à soc réalisé en traction animale ou motorisée. Les effets portent, en particulier, sur les caractéristiques physiques et hydrodynamiques des couches superficielles du sol (Kalms, 1977 ; Casta et al., 1989), l'enracinement (Chopart, 1985, 1990), l'alimentation hydrique (Chopart et Kone, 1985 ; Chopart, 1990), la production (Chopart, 1989). L'action finale sur la production est toutefois variable en fonction de la qualité du travail et des conditions d'alimentation hydrique de la culture (Chopart, 1990 ; Chopart et al., 1991 ; Chopart, 1994). Ces résultats sont, dans l'ensemble, concordants avec ceux obtenus dans d'autres localités de la sous région (Nicou et al. 1993 ; Chopart 1994). Mais la variabilité des milieux et des résultats empêche toute généralisation hâtive.

On dispose donc, en zone de savanes de Côte d'Ivoire, d'un référentiel technique, dont le défaut est, cependant, d'avoir été obtenu en station expérimentale. Le milieu physique et les conditions de réalisation des techniques peuvent donc s'éloigner de la réalité paysanne. Par ailleurs, le travail superficiel du sol avec des disques est pratiqué par les agriculteurs dans le cadre de travaux à l'entreprise, payés à la surface travaillée. Or, ses effets sur le sol ont été peu étudiés.

En 1989, un dispositif expérimental a été mis en place, en milieu réel, sur le terroir du village de Tchololévogo près de Korhogo. La méthodologie retenue par le chercheur responsable du dispositif (H. Charpentier) s'inspire directement de celle dite de "Création-Diffusion" mise au point par L Séguy (Séguy, 1982). On y compare, entre autres, différents modes de gestion du sol en grandes parcelles. Les techniques sont appliquées par les paysans, encadrés par la Recherche pour certains modes de gestion novateurs.

On a caractérisé l'état physique des couches superficielles du sol après 5 ans de culture continue sous ces modes de gestion du sol, pratiqués par les paysans de la région ou susceptibles de l'être bientôt. L'objectif est d'évaluer les effets directs et cumulés des traitements sur la fertilité physique du sol, composante importante de la durabilité du système de culture.



## 1 MATERIEL ET METHODES

### 1.1 Dispositif expérimental et traitements

L'ensemble du dispositif expérimental en milieu paysan, appelé Point d'Etude Système (PES) est décrit par ailleurs (Charpentier 1995, à paraître). On a travaillé sur une partie seulement de celui-ci en retenant cinq parcelles. Celles-ci, sans être contiguës, sont proches. Les deux plus éloignées sont distantes d'environ 300 mètres. Leurs superficies sont comprises entre 1500 m<sup>2</sup> et 5000 m<sup>2</sup>.

Chaque parcelle est caractérisée par un mode de gestion du sol différent qui représente ici l'objet étudié. Les itinéraires techniques ont été, pour l'essentiel, les mêmes chaque année entre 1990 et 1994 (sauf le traitement 4) avec en particulier une rotation riz/cotonnier (riz en 1994) et une fertilisation uniforme adaptée à chacune des deux espèces.

T0 : Témoin : Pratique paysanne actuelle en traction bovine. Labour à la charrue à soc avant chaque culture sur une profondeur de 10 cm environ. Le riz est semé à la volée, les graines recouvertes par un passage de herse. Le cotonnier est semé au semoir après un passage de canadien.

T1 : Labour à la charrue à soc en traction bovine avant chaque culture sur une profondeur de 10 cm environ, comme T0 ; semis direct manuel en poquets sans reprise de labour préalable.

T2 : Travail motorisé aux disques (pulvérisateur à disques de type "cover-crop). Travail superficiel sur 10 cm de profondeur environ ; le mode de semis est identique à celui de T1.

T3 : Labour motorisé à la charrue à socs (charrue portée bisoc réversible de 14 pouces) sur une profondeur d'environ 30 cm. Pas de reprise de labour ; le mode de semis est identique à celui de T1 et de T2.

T4 : Labour motorisé en 1990, puis la parcelle a été traitée en semis direct sans travail du sol en 1991 et 1992 et 1993, avec culture dans différentes plantes de couverture. En 1994, la plante de couverture (Pueraria Phaseoloides) a été implantée sur un sol préalablement labouré (labour profond

motorisé, comme sur T3). Le semis a eu lieu en même temps que celui du riz mais, du fait d'un semis à plus faible densité et d'une croissance plus lente, le recouvrement du sol a été nettement plus tardif, laissant le sol partiellement nu pendant une partie de la saison des pluies. Au moment des mesures, le sol était entièrement couvert par la végétation, encore en partie verte. La biomasse totale (morte et verte), mesurée sur six placettes de  $1 \text{ m}^2$ , était d'environ  $10\,000 \text{ kg ha}^{-1}$  de matière sèche.

En 1994 les semis du riz et de la plante de couverture ont eu lieu fin mai et la récolte du riz vers le 15 septembre.

## 12 Méthodes de mesures

L'étude des caractéristiques physiques du sol a été réalisée en février 1995, trois mois après la dernière pluie et cinq mois après la récolte. L'état du sol, en particulier son humidité, était donc stable pendant la durée de l'étude.

Différentes mesures et observations ont été effectuées dans la couche superficielle du sol.

- Observations du profil cultural, suivant la méthode et la terminologie proposées par H. Manichon (Manichon, 1982) et des états de surface du sol, suivant la terminologie ORSTOM (Casenave et Valentin, 1989).

- Teneur en eau du sol ( $\theta$ ). Elle a été caractérisée grâce à des mesures gravimétriques, avant et après séchage à  $105^\circ$  pendant 24 h. On a mesuré son humidité naturelle entre 0 et 40 cm, et l'humidité à la fin des mesures infiltrométriques, dans la couche humectée (0-10 cm)

- Densité apparente ( $D_a$ ). Elle a été évaluée aux emplacements des mesures infiltrométriques, après celles-ci, donc en sol humide, avec un cylindre de  $470 \text{ cm}^3$ , entre 0 et 10 cm de profondeur.

- Résistance du sol à la pénétration (RP). On utilise un pénétromètre à percussion avec enfoncement d'un barreau métallique de 2 cm de diamètre muni d'une pointe formant un angle de  $60^\circ$ . Chaque percussion correspond à un travail de 333 Newton. La force de résistance du sol est exprimée en Mégapascals (MPa) par tranche de 5 cm entre 0 et 20 cm.

- Texture, évaluée entre 0 et 20 cm par la technique de la pipette de Robinson, et perméabilité au laboratoire (méthode Hénin)

- Caractéristiques hydrodynamiques de la surface du sol.

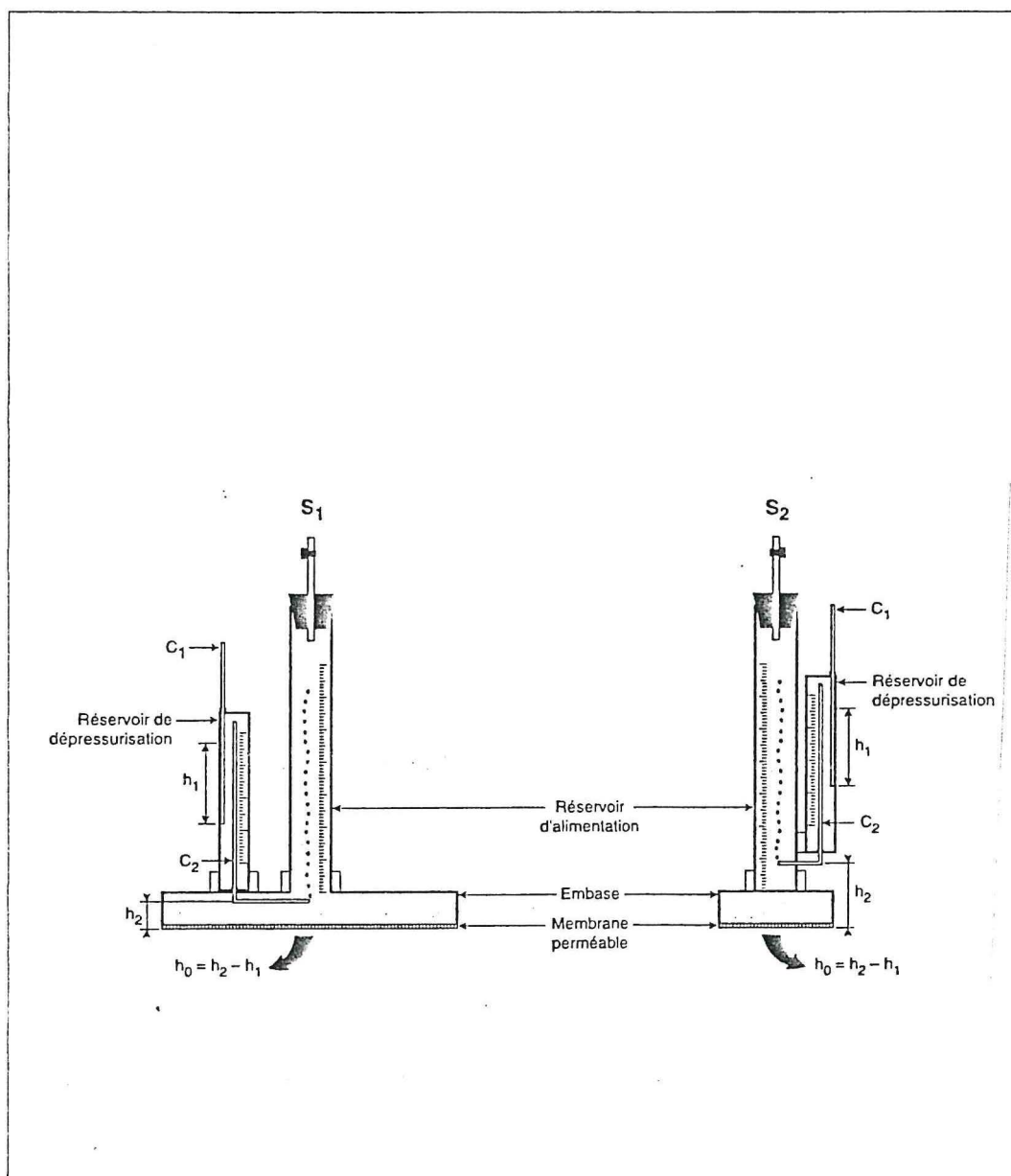
i/ Mesures in situ à pression négative.

On a mesuré la conductivité hydraulique et la sorptivité capillaire à la surface du sol, par la mise en oeuvre d'une méthode d'infiltrométrie multidisques à pression contrôlée. Cette méthode, récente (Perroux et White, 1988; Smettem et Clothier, 1989), a déjà été mise en oeuvre en Côte d'Ivoire, à Bouaké (Vauclin et Chopart, 1992). On effectue des mesures d'infiltration d'eau sous charge constante faiblement négative. Le contact eau-sol se fait grâce à des disques de surfaces différentes (fig.1).

Ceci permet d'évaluer des deux paramètres moteurs de l'infiltrabilité du sol : la conductivité hydraulique ( $K_0$ ) et la sorptivité capillaire ( $S_0$ ). Cette dernière est obtenue par calcul à partir de la mesure du potentiel de flux matriciel ( $\Phi_0$ ) et de la différence de teneur en eau entre le début et la fin de l'infiltration ( $\theta_0 - \theta_n$ ). La méthodologie utilisée ici correspond, pour l'essentiel, à celle utilisée précédemment à Bouaké et déjà décrite (Vauclin et Chopart, 1992). La seule différence est que l'on a utilisé à Tchololévogo trois disques de rayons ( $r$ ) différents et non deux comme dans la première étude à Bouaké. Les trois disques ( $S_1, S_2, S_3$ ) ont des rayons de 115, 35 et 22 mm respectivement. On peut, avec ces trois données, établir la relation linéaire entre la valeur de  $1/r$  et le flux hydrique mesuré ( $F_0$ ). L'ordonnée à l'origine ( $r$  infini) est ( $K_0$ ) et la pente  $4\Phi_0/\pi$  (Scotter et al. 1982). A partir des mesures de base déjà définies, on a pu inférer d'autres grandeurs physiques explicatives du comportement hydrodynamique des traitements : la dimension moyenne des pores hydrauliquement fonctionnels pour une certaine valeur de pression à la surface du sol ( $\lambda_m$ ) et surtout le temps de submersion ( $t_p$ ). Cette grandeur correspond à la durée pendant laquelle le sol peut infiltrer entièrement (sans apparition de flaques ou de ruissellement) une averse d'intensité constante donnée. Celle-ci dépend de l'intensité ( $R$ ) de la pluie, de la sorptivité capillaire du sol ( $S_0$ ), de sa conductivité hydraulique ( $K_0$ ), et de la teneur en eau de la surface du sol au départ, suivant une loi complexe (Holgarth et al., 1991). Les méthodes de mesures et de calcul de chacune de ces grandeurs sont déjà décrites par ailleurs (Vauclin et Chopart, 1992). On pourra se reporter à cette référence pour des renseignements plus détaillés.



Fig. 1 Schéma des infiltromètres  
utilisés (S1 et S2)



ii/ Mesures in situ avec une pression positive.

Ces mesures, réalisées avec une eau à une pression négative, ont été complétées par des mesures, plus classiques, d'infiltration sous une charge positive. Ce travail a été réalisé in situ en remplaçant les trois disques par trois anneaux de diamètres comparables, enfoncés dans le sol sur environ un centimètre, à l'intérieur desquels on maintient une hauteur d'eau comprise entre 10 et 15 mm. Le mode de calcul des caractéristiques hydrodynamiques est le même qu'avec les disques à charge négative.

iii/ Mesures au laboratoire.

Des mesures de perméabilité du sol sur échantillons remaniés ont également été réalisées au laboratoire suivant la méthode de Hénin

- Profils racinaires. La méthode de mesure est celle des comptages d'impacts de racines sur un plan (Tardieu et Manichon, 1986 ; Chopart, 1989). On observe les racines apparaissant sur une paroi verticale de sol en repérant leur position grâce à une grille à mailles carrées de 2 à 5 cm de côté. La méthode employée ici est une version simplifiée de la méthode originale dans la mesure où l'on s'est contenté de noter la présence ou l'absence de racines primaires dans chaque carré de 5\*5 cm. Cette procédure simplifiée se justifie par le fait que l'on a travaillé plusieurs mois après la récolte sur des squelettes de racines primaires, les racines fines ayant pour la plupart disparu. On a calculé le pourcentage de case possédant au moins une racine primaire, ce qui donne une estimation du degré d'exploration du sol par les racines et de la profondeur du front racinaire. Ces deux grandeurs doivent être considérées, ici, comme des indicateurs de l'état physique du sol pendant la culture et non comme des estimateurs de fonctionnement de la plante.

### 13 Dispositif de mesures

En absence de véritable dispositif expérimental statistique avec répétitions, il paraît important de rendre valide l'hypothèse d'indépendance statistique des variables mesurées sur les différentes placettes à l'intérieur d'un même traitement et d'un traitement à l'autre. Ceci n'a pas pu être vérifié sur le dispositif expérimental lui-même, à cause de la lourdeur d'une telle analyse géostatistique à faire au moment de sa mise en place. Toutefois, les résultats de deux études géostatistiques réalisées dans des conditions de milieu proches, dans le centre et le nord de la Côte d'Ivoire (Vauclin et Chopart, 1991), ont montré qu'une distance de 10 à 12 mètres entre les points

de mesure était suffisante pour rendre les variables de sol et de production indépendantes les unes des autres. On a retenu une distance minimale de 15 mètres entre les placettes de mesure du sol. On peut donc raisonnablement escompter une indépendance des variables mesurées.

Sur chaque traitement, on a tiré au sort 6 placettes de mesure de sol respectant la contrainte de distance minimale. A l'intérieur de chacune de ces 6 placettes de quelques mètres carrés, on a effectué une mesure de densité apparente, et d'infiltrométrie (avec trois disques), trois mesures d'humidité finale (une à chaque emplacement de mesure infiltrométrique), et deux mesures de résistance du sol à la pénétration. En effet, cette dernière mesure est très ponctuelle et est sensible à des hétérogénéités à faible distance, pouvant rendre une mesure non représentative. Les mesures d'infiltration à pression positive, avec les anneaux, n'ont pu être répétée que quatre fois par traitement.

Par ailleurs, sur les trois traitements en riz en 1994, on a ouvert deux fosses d'étude des systèmes racinaires, avec une mesure par la méthode de la grille sur chacune des deux fosses, sur une largeur de 80 cm, jusqu'à une profondeur correspondant aux dernières racines observées.



## 2 RESULTATS

### 21 Caractéristiques générales du sol (tableau n°1)

Le dispositif est implanté sur sol ferrallitique profond (absence de cuirasse à moins de 1 mètre), avec très peu d'éléments grossiers. La couleur du sol et sa texture varient peu d'un traitement à l'autre. La structure en dessous de la profondeur maximale de travail du sol (30 cm) est elle aussi homogène : structure massive continue, avec des mottes de type "A" dans la classification de Manichon (1982). On peut donc considérer que, à la mise en place de celui-ci, il n'y avait pas de différences notables entre les parcelles étudiées. En revanche, le travail du sol profond sur T3 et T4, paraît avoir remonté en surface du sol de la couche située entre 15 et 30 cm. Ceci explique le taux d'argile légèrement plus élevé sur les deux traitements avec labour profond. De même, le traitement T4 possède un taux de matière organique plus élevé que celui des l'autre traitement en labour profond, cette mesure, réalisée sur un seul échantillon moyen, reste à confirmer, mais elle semble montrer un effet favorable de la plante de couverture sur la teneur en matière organique dans l'horizon superficiel.

Tableau n°1. PES Tcholojevogo : caractéristiques générales du sol du dispositif étudié au moment et aux emplacements des mesures.

	T0	T1	T2	T3	T4
Profond. du sol	>1m	>1m	>1m	>1m	>1m
Couleur du sol Munsell (0-15cm)	7.5 YR 6/4	7.5 YR 5/8	7.5 YR 5/8	7.5 YR 7/6	7.5 YR 6/3
Texture 0-15 cm: % : A+L éléments > 2 mm	34 1	30 2	31 .5	36 2	42 2
Mat. Organique 0-15 cm (%)	1.5	1.4	1.4	1.3	2.0
pH eau	5.0	5.1	5.1	5.2	5.2
Structure du sol prof. > 30 cm	massive continue	massive continue	massive continue	massive continue	massive continue

## 22 Caractéristiques physiques et hydriques du sol dans les couches de surface (tableaux n°1,2,3)

### Etat de surface du sol.

Sur chacun des traitements, le sol ayant été cultivé, la surface est donc dite "culturale" dans la typologie de Valentin (Casenave et Valentin, 1989),. Le micro-relief est pratiquement inexistant sur les traitements avec travail superficiel. Sur les traitements avec labour profond, on observe quelques reliques de grosses mottes incluses dans une structure continue plane (de l'ordre de 5 par m<sup>2</sup>). Il n'y a pas de gravillons ni de turricules de vers de terre. En revanche, on observe quelques fentes de retrait très étroites (moins de 1 mm de largeur) et d'assez nombreux placages et galeries de termites, en particulier sur les traitements 1 et 2. Les gros pores d'origine faunique (termites) sont au nombre de 10 par m<sup>2</sup> environ, avec des diamètres de 2 à 4 mm. Toutefois, la très grande hétérogénéité dans la répartition spatiale, rend très difficile une quantification précise des différences entre traitements. La surface "culturale" est de type C1 avec des endroits où elle est plutôt C2. La croûte, faiblement développée, est de type structurale ST1 associée, par endroits à des croûtes d'érosion et de ruissellement. La présence de croûtes de décantation en bas de parcelle, en amont des cordons anti-érosifs, montre la présence d'une circulation d'eau à l'intérieur des parcelles, entre deux bandes d'arrêt.

### Description du profil cultural.

On a utilisé la méthode de description proposée par H. Manichon (1982). Il n'existe pas de variabilité latérale marquée dans aucun des profils observés. On s'est donc contenté de mettre en évidence une partition verticale, en ne rapportant ici, de façon simplifiée que les éléments principaux.

T0. De 0 à 5-8 cm de profondeur : H1, dominante de mottes d'assemblage SF (Soudées Facilement discernables), mottes "Γ" avec une forte porosité biologique. De 5-8 à 15 cm : H5, structure continue (c) massive, avec seulement quelques endroits (≈ 10%) à structure c à mottes SD de type "Δ". En dessous de 15 cm : P1, structure continue, forte cohésion, les mottes détachées sont de type "Δ". La limite entre H5 et P1 est difficile à localiser.

T1. De 0 à 5 cm : H1, est comparable à H1 de T0. De 5 à 18-20 cm : H5, structure continue (c), éléments structuraux Soudés Difficilement discernables (SD), dominante de mottes "Γ", mais avec environ 25% de grosses mottes "Δ". En dessous de 18-20 cm : P1, est comme celui de T0.

T2. De 0 à 5 cm : H1, est comparable à H1 de T1. De 5 à 10-15 cm : H5, dominante de mottes d'assemblage SF à SD, de type "Γ", avec quelques mottes "Δ" (≈ 10 %). De 10-15 à 18-20 cm : H6, structure massive, SD, mottes "Δ", horizon de travail ancien, la limite entre H5 et H6 est peu nette et la profondeur très irrégulière. En dessous de 18-22 cm : P1, est comme celui de T1 et T0, avec un lissage du sol à la limite entre H6 et P1.

T3. De 0 à 5 cm : H1 est comparable au H1 des autres traitements. De 5 à 22-25 cm : H5, type d'état compris entre b et c, dominante d'éléments structuraux SF, avec essentiellement des mottes "Γ" de .5 à 5 cm, présence de quelques mottes "Δ" de 3 à 8 cm (≈ 5%). De 22-25 à 30 cm : H6, horizon de travail ancien, continu (c), éléments structuraux SD, mottes en majorité de type "Γ" avec quelques mottes Φ. En dessous de 30 cm : P1, est comme celui des autres profils. La limite entre H6 et P1 est très facilement identifiable, avec la présence d'un lissage (semelle de labour)

T4 : H1 et H5 comparables à ceux de T3 avec un état de H5 un peu plus proche du type c. On ne trouve pas d'horizon H6, on passe directement de H5 à P1, avec une limite située entre 24 et 28 cm, marquée, mais sans lissage ni tassement.

#### Densité apparente.

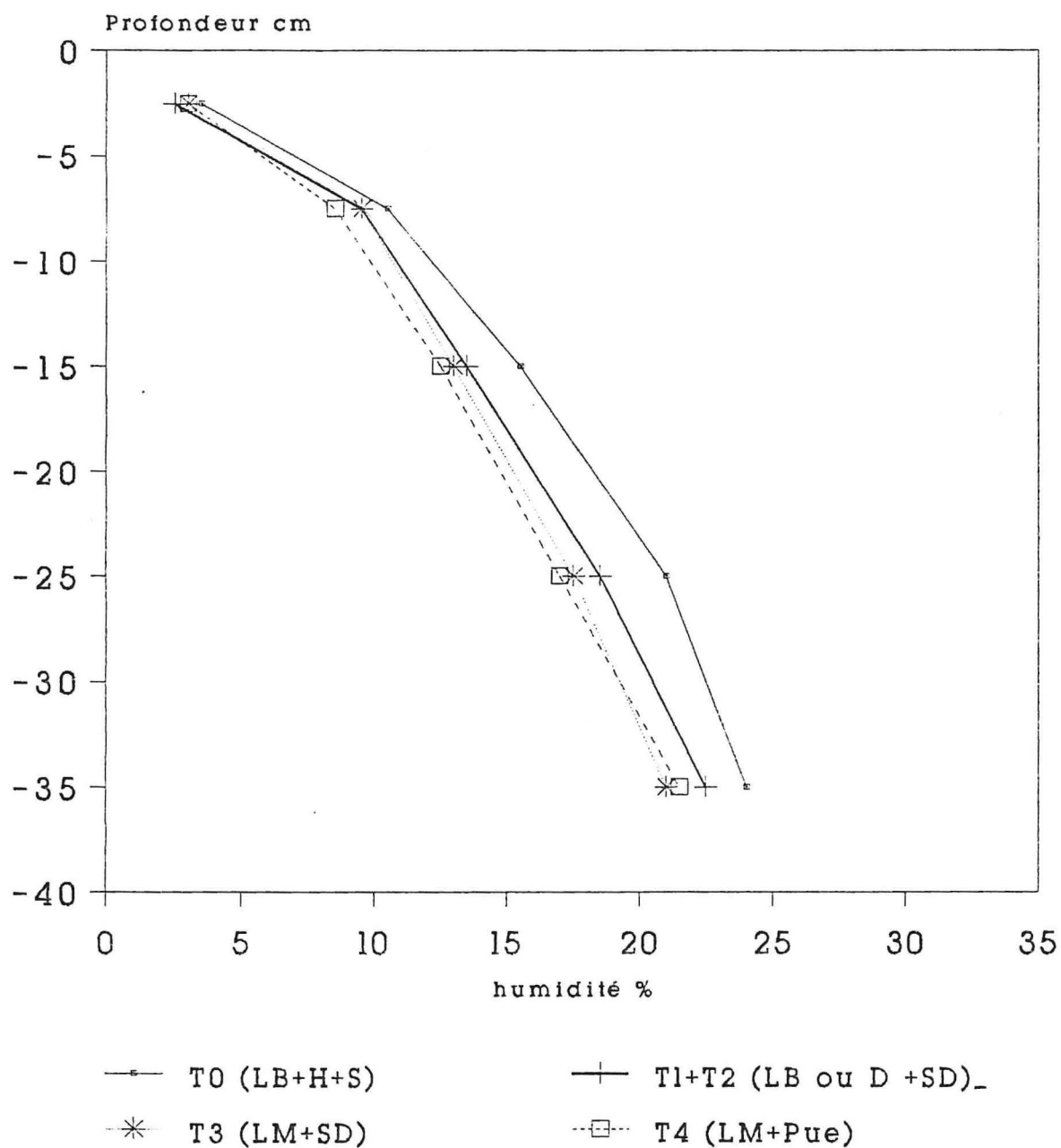
La densité apparente de l'horizon de surface est peu différente d'un traitement à l'autre avec cependant un niveau un peu plus faible sur les traitements avec labour profond (T3, T4), sans effet de la plante de couverture (tab. n°2).

#### Humidité.

L'humidité volumique du sol est très faible dans les 5 premiers centimètres. (Fig.n°2). Elle augmente légèrement avec la profondeur pour atteindre une valeur assez élevée pour une mesure de saison sèche, comprise entre 20 et 25 % entre 35 et 40 cm. Il n'y a pas d'écarts notables entre les traitements. Seul le traitement T0 paraît être un peu plus humide en dessous



Fig.2 Humidité volumique du sol %  
en février 1995



Pes Tchololévogo

de 10 cm, sans que l'on puisse dire s'il s'agit d'une action du mode de gestion du sol ou d'une variation aléatoire.

Résistance du sol à la pénétration (fig. n°3).

Partout, la résistance du sol à la pénétration est faible dans les 5 premiers centimètres de sol. Entre 5 et 20 cm de profondeur, il existe une action favorable marquée du labour profond (T3,T4). Sur le traitement T2 avec travail aux disques, on note une augmentation sensible de la résistance du sol à la pénétration à partir de 10 cm, alors qu'elle reste stable sur les autres traitements. Le passage de disques en humide sur 10 cm environ avec un tracteur entraîne, en dessous de cette profondeur, une augmentation de la cohésion du sol de 20% par rapport au travail avec une charrue à soc sur une profondeur équivalente, en traction animale. Ceci pourrait provenir d'un tassement du sol au niveau et en dessous de la profondeur du passage de l'outil à disques. La cohésion du sol est aussi légèrement plus forte sur le T4 que sur le T3, ces deux traitements ayant pourtant bénéficié du même travail du sol. La différence pourrait s'expliquer par l'effet du mode de gestion du sol les années précédentes.

Les résultats moyens de résistance du sol à la pénétration, obtenus entre 0 et 20 cm, accusent des différences marquées entre les objets étudiés (tab. n°2). Sur le traitement T3 (labour profond), la résistance est de 50% inférieure à celle des traitements avec labour aux boeufs.

Tableau n°2. PES Tchololévogo (février 1995) : caractéristiques physiques du sol mesurées sous les différents modes de gestion du sol. Entre parenthèses : écart type de la moyenne (6 répét.)

	T0	T1	T2	T3	T4
Densité apparente (Mg.m <sup>-3</sup> ) 0-10 cm	1.47 (.03)	1.50 (.04)	1.49 (.03)	1.41 (.04)	1.45 (.03)
Résistance à la pénétration (MPa) 0-20 cm	12.3 (1.2)	11.3 (2.1)	13.9 (.9)	5.8 (.7)	7.8 (1.0)

Fig.3 Résistance du sol à la pénétration  
d'un barreau métallique (r : 1cm)

prof. sol

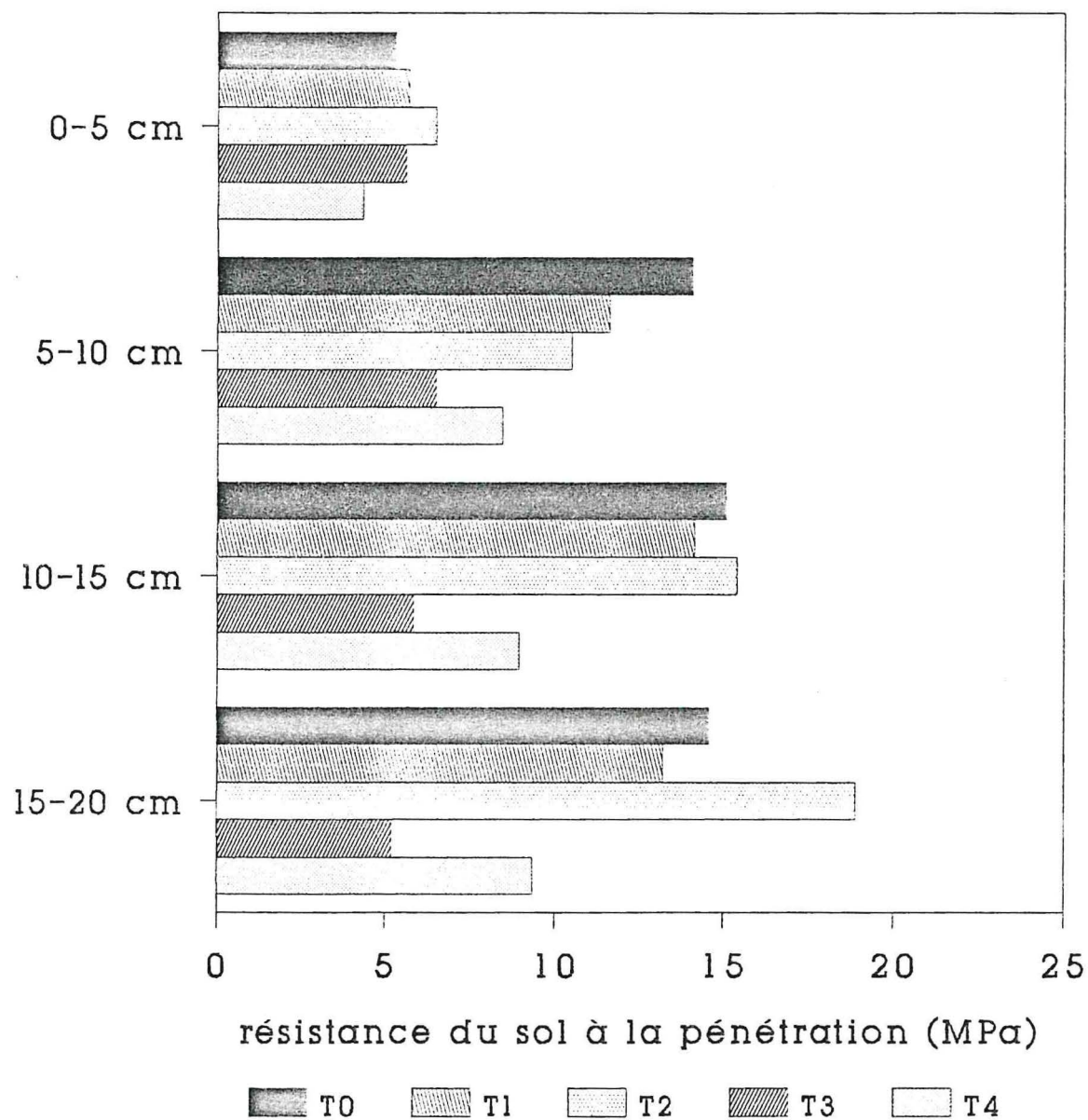




Tableau n°3. PES Tchololévogo (février 1995) : caractéristiques hydrodynamiques à la surface du sol des différents traitements. Mesures in situ pour une valeur de pression d'eau à la surface du sol de -20 mm d'eau. Entre parenthèses : écart type de la moyenne (6 répét.).  $K_0$  : conductivité hydraulique ;  $\Phi_0$  : potentiel de flux ;  $\theta$  : teneur en eau ;  $S_0$  : sorptivité capillaire ;  $\lambda_m$  : dimension de pore hydrauliquement fonctionnel.

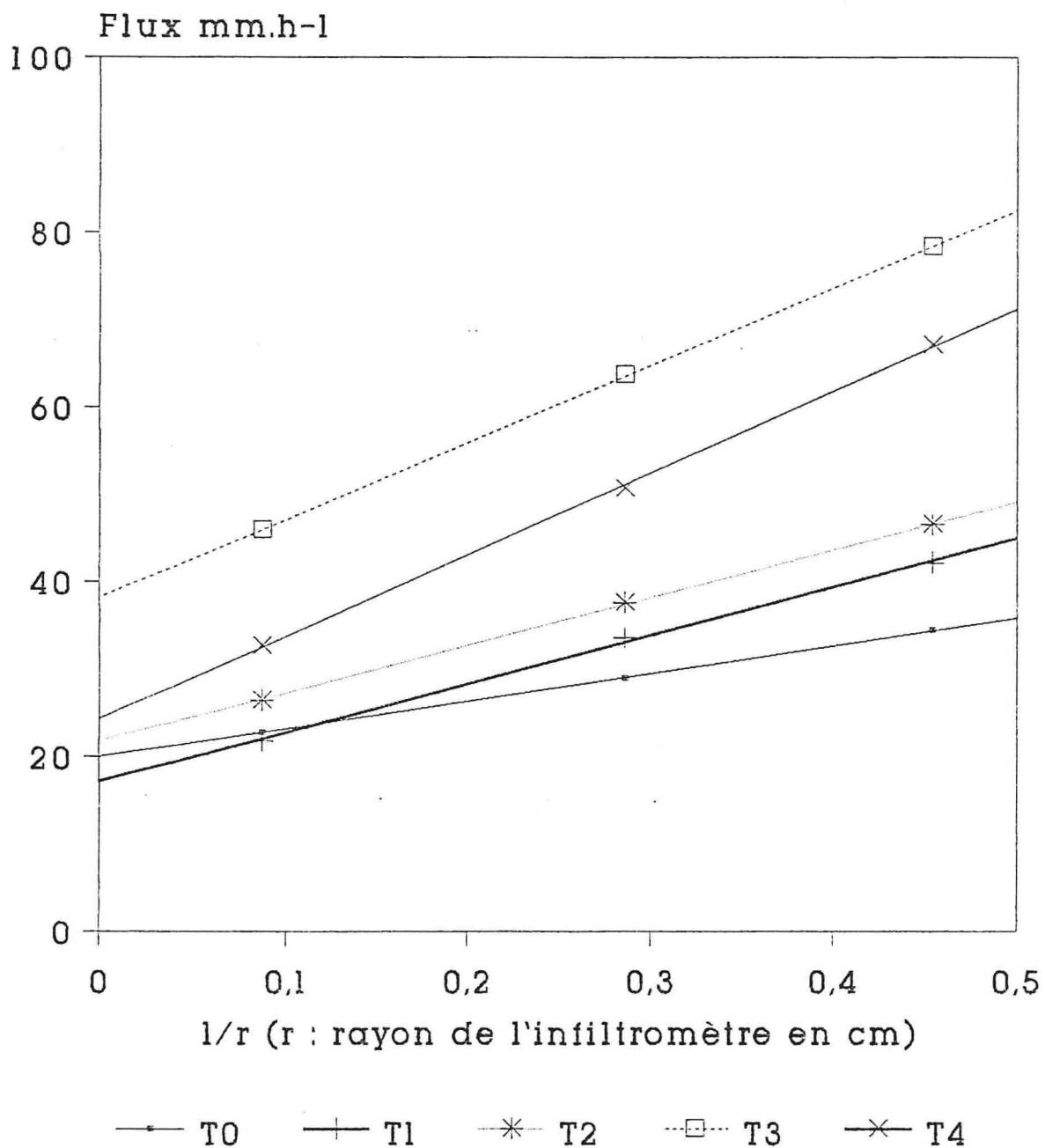
	T0	T1	T2	T3	T4
$K_0$ (mmh <sup>-1</sup> )	20.1 (5.3)	17.1 (5.9)	21.8 (7.7)	38.1 (9.1)	24.4 (6.5)
$\Phi_0$ (mm <sup>2</sup> h <sup>-1</sup> )	245 (167)	440 (263)	428 (280)	705 (370)	735 (220)
$\theta$ finale (%)	26.5 (.9)	26.0 (.3)	27.1 (.7)	29.0 (.9)	27.5 (1.0)
$S_0$ (mm.h <sup>1/2</sup> )	10.4 (3.8)	13.6 (4.7)	13.7 (5.4)	18.3 (6.0)	18.2 (4.2)
$\lambda_m$ (μm)	630	300	390	410	250

### 23 Caractéristiques hydrodynamiques du sol in situ.

Les mesures infiltrométriques réalisées avec les trois appareils ont produit, en régime permanent, des valeurs de flux données dans la figure n°4 pour les 5 traitements étudiés. Avec les moyennes de 6 répétitions par traitement, on aboutit bien à une relation linéaire entre l'inverse du rayon du disque en contact avec les sols, et le flux hydrique, conformément à la théorie; ceci n'est toutefois pas toujours vérifié au vu des résultats d'une seule répétition, du fait de l'hétérogénéité du sol.

Ces données ont été utilisées pour calculer la conductivité hydraulique  $K_0$ , le potentiel de flux matriciel  $\Phi_0$  et la sorptivité capillaire  $S_0$  en prenant en compte, pour cette dernière, des valeurs de teneurs en eau mesurées avant et à la fin de d'infiltration. Les résultats sont présentés dans le tableau n°3 avec les valeurs d'humidités finales. L'humidité initiale du sol en surface (0-5 cm) est faible : 2.8 % en moyenne sur l'ensemble des traitements ; elle fluctue peu d'un traitement à l'autre et de façon aléatoire. On a donc retenu la valeurs moyenne de 2.8 % pour tous les traitements.

Fig.4 Flux hydriques (charge -20 mm H<sub>2</sub>O)  
en fonction du rayon de l'infiltromètre



Conductivité hydraulique. La conductivité hydraulique de T3 avec labour profond est nettement plus élevée que celles des autres traitements, y compris T4, pourtant labouré de façon identique. Les différences entre les trois autres traitements T0, T1, et T2, sont faibles et sans doute non significatives, compte tenu de la variabilité des résultats.

Sorptivité capillaire. La sorptivité capillaire est, elle aussi dépendante, des modes de gestion du sol. C'est sur le traitement T0 (labour aux boeufs et reprise à la herse) qu'elle est la plus faible. Elle est en particulier inférieure à celle du traitement T1 ayant eu le même labour mais pas de reprise. La sorptivité capillaire est la plus forte sur les deux traitements avec labour profond, contribuant ainsi à la qualité de l'infiltrabilité du sol.

Dimension moyenne des pores hydrauliquement fonctionnels ( $\lambda_m$ ). C'est sur le T0 que la dimension des pores fonctionnels est la plus grande. Ce résultat, rapproché des valeurs relativement faibles de conductivité hydraulique et de sorptivité enregistrées, suggère la présence de macropores d'origine faunique, peu nombreux, ou des quelques micro fentes de retrait dans un milieu peu poreux par ailleurs. Cette activité faunique serait plus réduite sur les traitements T1 et T2, ou bien le nombre de pores fins fonctionnels y serait plus élevé. La dimension de pores fonctionnels relativement grande, observée sur T3, paraît elle, liée à une conservation de la structure créée par le labour profond. Elle explique la plus forte conductivité hydraulique, sans que cela nuise pour autant à la sorptivité capillaire, signe de la présence d'une gamme de variation étendue de diamètres de pores fonctionnels, incluant également des pores fins. Le traitement T4 a une dimension moyenne de pores nettement plus faible que le T3. Cela semble être une indication soit d'une certaine reprise en masse du sol par rapport à l'autre traitement labouré de façon identique, soit de l'occupation des pores les plus gros par les racines encore actives de la plante de couverture.

#### Application à la détermination du temps d'apparition du ruissellement.

La conductivité hydraulique du sol et sa sorptivité capillaire mesurées sur un sol initialement peu humide et amené au voisinage de la saturation, comme c'est le cas ici, permettent d'estimer le temps à partir duquel la surface du sol atteint la saturation, sous une intensité de pluie constante, lorsque cette intensité est supérieure à la conductivité hydraulique.

On a ainsi calculé le temps d'apparition du ruissellement en fonction de l'intensité de la pluie, pour les conditions d'humidité du sol mesurées sur le terrain (figure n°5). On a également simulé le temps d'apparition du ruissellement sous une averse de forte intensité (45 mm/h), avec différentes humidités initiales du sol (figure n° 6), en faisant l'hypothèse que l'humidité finale était indépendante de l'humidité de départ. Une partie de ces résultats est également rapportée sous forme de tableau (tab n°4).

Le caractère fortement non linéaire de la relation entre l'intensité de la pluie et le temps d'apparition du ruissellement ( $t_p$ ) ressort clairement. Ce temps est, bien sûr, infini pour des intensités inférieures à la conductivité hydraulique, il décroît ensuite très rapidement avec l'augmentation de l'intensité, et devient inférieur à 5 minutes pour les averses dont l'intensité est de l'ordre de deux fois la conductivité hydraulique, même en sol sec au départ. Le temps d'apparition du ruissellement est en relation linéaire inverse de l'humidité de départ, pour une averse d'intensité supérieure à la conductivité. Il tend vers 0 lorsque l'humidité tend vers la saturation.

Tableau n°4. PES de Tchololévogo : valeurs du temps de submersion ( $t_p$ ) en minutes, pour trois intensités de pluie et deux valeurs initiales d'humidité volumique : 2,8 % (valeurs mesurées) et 15 %.  $t_p$  correspond à la durée pendant laquelle le sol peut supporter l'averse avant d'arriver à saturation.

Humidité initiale	Intensité de pluie mm/h	T0	T1	T2	T3	T4
2.8 %	30	7.8	11.4	16	$\infty$	36
	45	2.4	3.9	4.5	19	8.7
	60	1.2	2.0	2.2	5.8	4.0
15 %	30	4.0	5.4	8.0	$\infty$	18.5
	45	1.2	1.9	2.3	10.0	4.4
	60	0.5	0.9	1.1	3.1	2.0

Si le sol de chaque traitement étudié est évidemment soumis aux mêmes lois physiques, le mode de gestion du sol permet de modifier très sensiblement les paramètres et donc les temps d'apparition du ruissellement.

Fig.5 Infiltrabilité du sol  
en fonction de l'intensité de l'averse

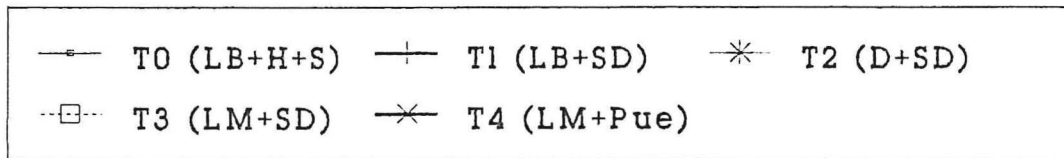
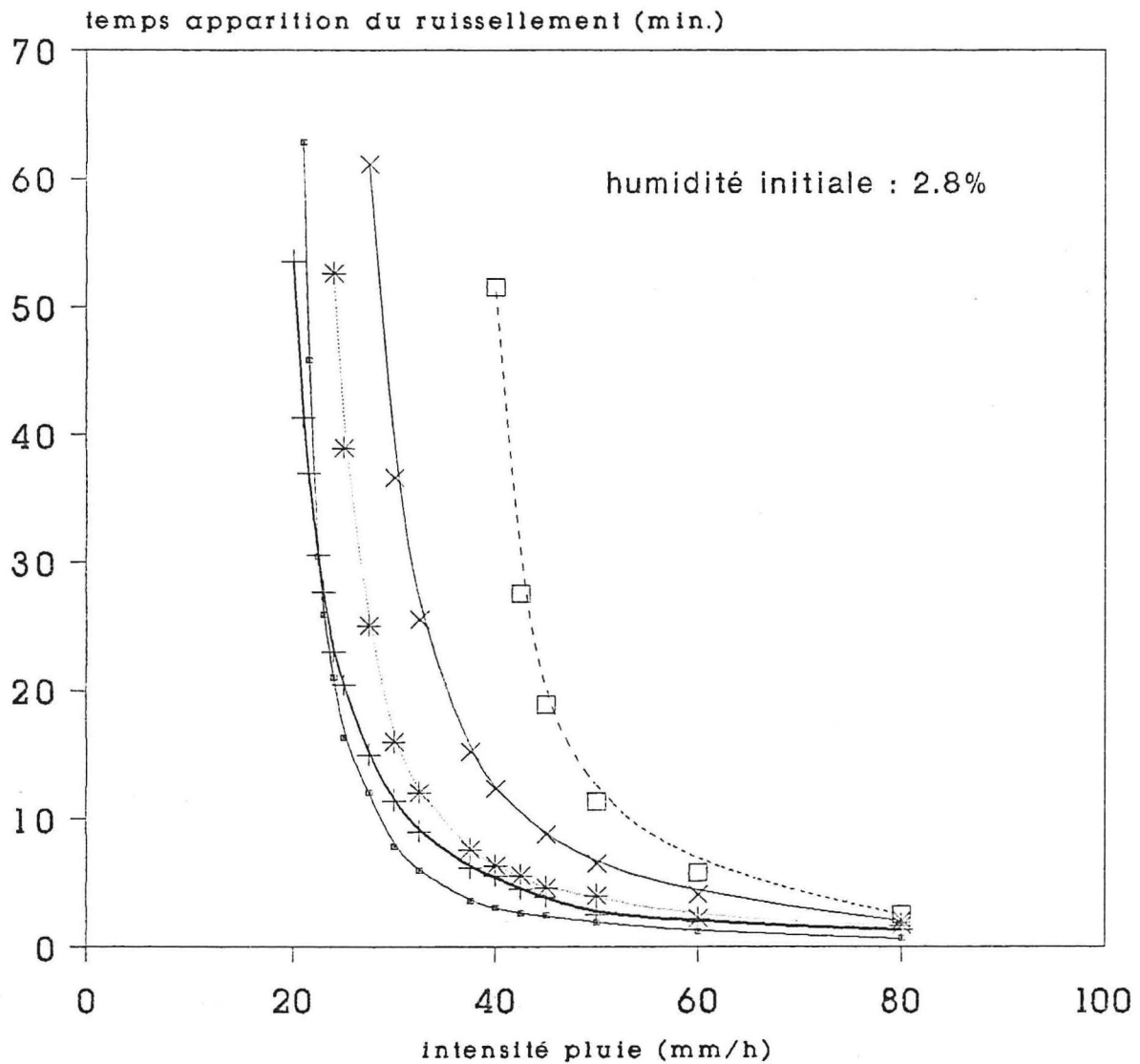
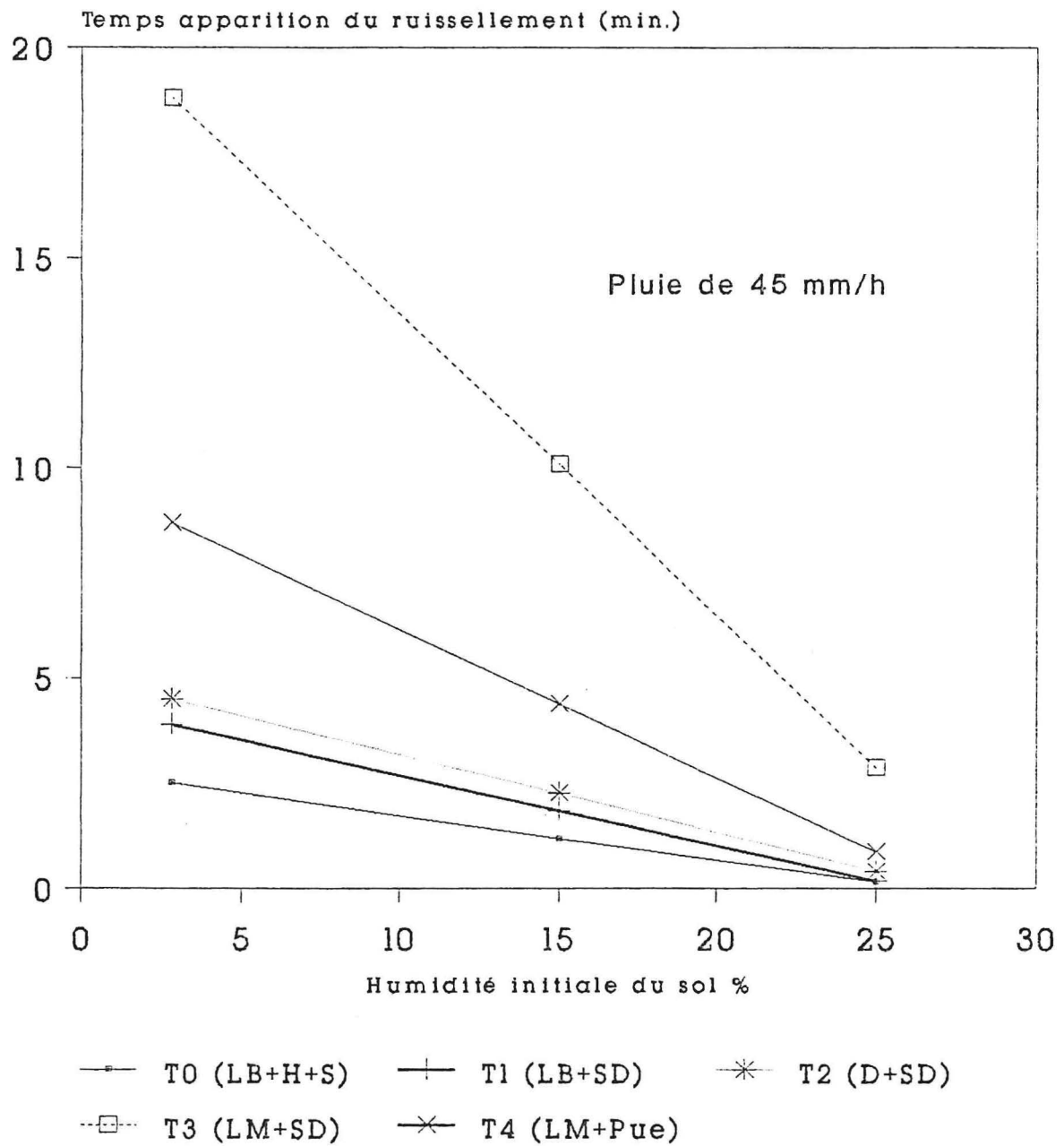




Fig.6 Infiltrabilité du sol  
en fonction de son humidité initiale



Pes Tchololévo

Le traitement T0 (témoin paysan) est, à cet égard, celui qui a le comportement le plus défavorable. Les deux traitements T1 et T2 en travail du sol peu profond ont toutefois des caractéristiques très proches d'aptitude à infiltrer des averses d'intensités variables, avec néanmoins un léger avantage au traitement T2, lorsque l'averse est peu intense (entre 20 et 30 mm/h).

Un labour profond sans reprise (T3) permet d'améliorer de façon spectaculaire la capacité du sol à supporter, sans ruissellement, des pluies d'intensités variées, par rapport aux traitements avec travail du sol superficiel. Les différences sont plus faibles pour des intensités très fortes, mais restent marquées. Sous labour profond, le  $t_p$  est encore trois fois plus élevé pour une averse de 60 mm/h.

Le traitement T4, ayant pourtant bénéficié, comme T3, d'un labour profond a un comportement intermédiaire entre ceux du T3 et du T1 (labour superficiel). Il se rapproche de T1 pour des faibles intensités de pluies et de T3 pour les fortes ; ceci est bien sûr lié aux caractéristiques hydrodynamiques des deux traitements : le T4 se rapproche de T1 pour la conductivité hydraulique et de T3 pour la sorptivité capillaire.

#### 24 Caractéristiques hydrodynamiques à charge positive

Des mesures de perméabilité du sol au laboratoire ont été réalisées sur échantillons remaniés suivant la méthode de Hénin (tab. n°5). Les valeurs de conductivité hydraulique ainsi obtenues sous charge positive et dans des conditions expérimentales complètement différentes, après avoir détruit la structure, sont inférieures à celles obtenues au champ avec une pression légèrement négative (tab. n°3).

Tableau n°5 PES Tchololévogo : caractéristiques hydrodynamiques du sol à pression positive. Conductivité hydraulique au laboratoire sur échantillon remanié (K Hénin) 3 répétitions.

	T0	T1	T2	T3	T4
Conduct. hyd. ( $\text{mm h}^{-1}$ ) à saturation (K Hénin)	12	14	15	19	20

Tableau n° 6 PES Tchololévogo : caractéristiques hydriques et hydrodynamiques du sol à pression positive (h : de +10 à +20 mm d'eau). Mesures in situ avec des anneaux. Travail superficiel (T0+T1+T2) : 12 répétitions ; travail profond (T3+T4) : 8 répétitions.

	Travail superficiel T0, T1, T2	Travail profond T3, T4
$K_0$ (mm h <sup>-1</sup> )	117 (25)	192 (29)
$\Phi_0$ (mm <sup>2</sup> h <sup>-1</sup> )	659 (1460)	1310 (1650)
$\theta$ initiale (%)	4.2 (.5)	4.2 (.5)
$\theta$ finale (%)	33.0 (1.4)	37.6 (1.8)
$S_0$ (mm h <sup>1/2</sup> )	19 (21)	29 (19)
$\lambda_m$ (μm)	1360	1120

On a mesuré les caractéristiques hydrodynamiques sous une charge légèrement positive, avec des anneaux de dimensions comparables à celles des disques. On n'a pu faire que 4 répétitions, or la variabilité des résultats est plus forte qu'avec les disques. Les résultats obtenus sur les trois traitements en travail du sol superficiel (T0, T1, T2) sont proches et se distinguent nettement des deux traitements avec labour profond (T3, T4). Compte tenu de la variabilité des résultats, on s'est donc contenté de comparer le travail profond et le travail superficiel, en regroupant les résultats de T0, T1, T2 d'une part et T3, T4 d'autre part.

La conductivité hydraulique à charge positive de + 20 mm d'eau est environ six fois plus forte que celle enregistrée au même endroit avec une pression faiblement négative (-20 mm). En revanche, la sorptivité, si elle est plus forte qu'à charge négative, n'est pas accrue dans les mêmes proportions. En présence d'eau libre, les pores les plus gros sont mis en fonctionnement, avec, ici, une dimension moyenne de pores fonctionnels supérieure à un millimètre.

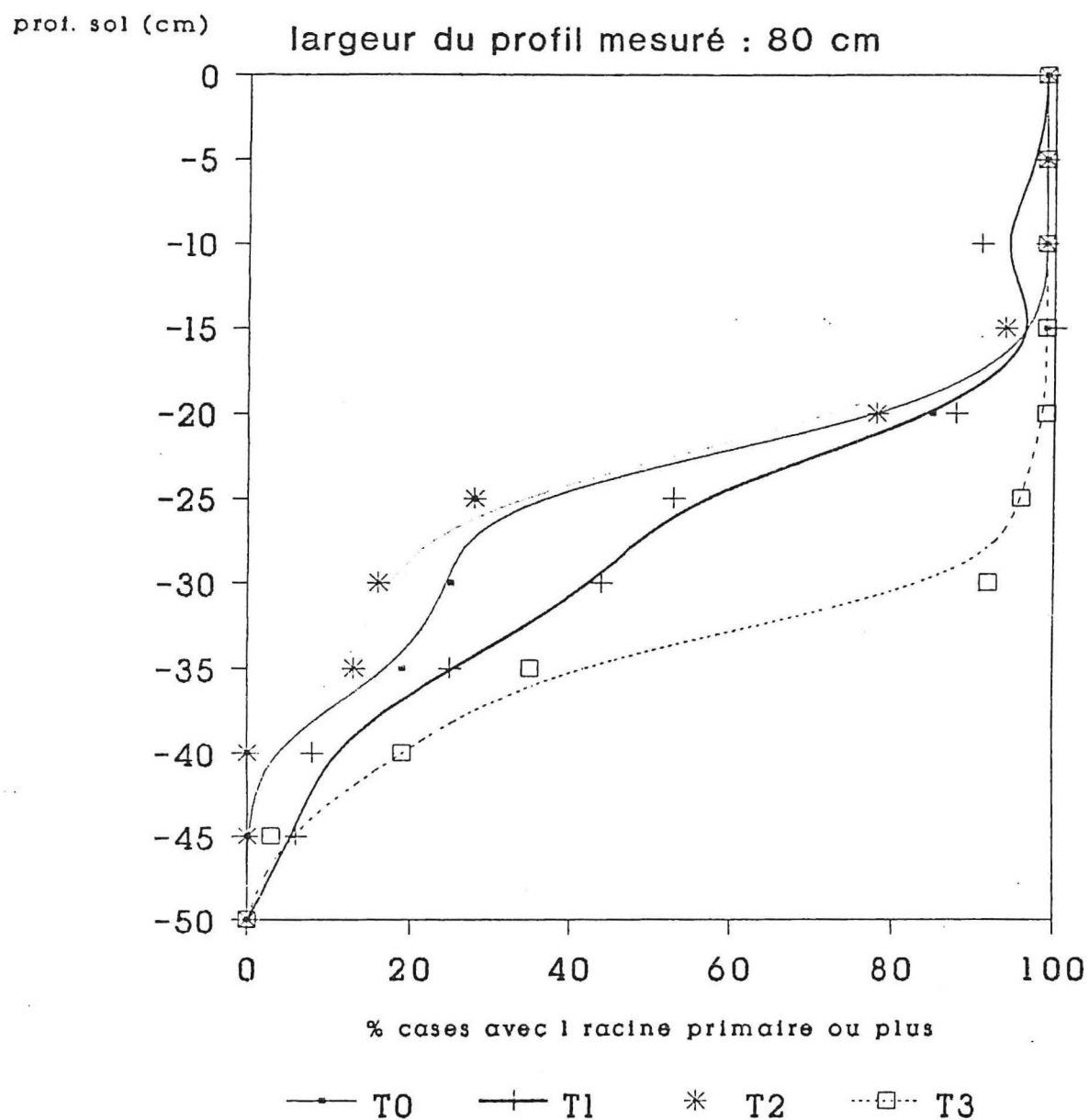
D'après les résultats obtenus avec une charge positive, suivant une méthode proche de celle des "double anneaux" utilisée classiquement pour mesurer la perméabilité in situ du sol, le sol pourrait supporter sans

problème une pluie de plus de  $100 \text{ mm h}^{-1}$ , sans aucun ruissellement, même si elle est de longue durée. Ceci n'est manifestement pas le cas sur ce type de sol.

#### 24 Systèmes racinaires

Sur chacun des traitements, le profil de sol est très bien colonisé par les racines dans les 15 premiers centimètres (fig. n°7). Le front racinaire se situe également partout entre 40 et 50 cm, avec des fluctuations difficilement attribuables aux techniques culturales compte tenu de la faiblesse de l'échantillonnage. En revanche, entre 15 et 40 cm, il existe des différences marquées induites par les modes de gestion du sol. Le degré d'exploration du profil le plus élevé est, de loin, celui du traitement 3 avec labour profond; les plus faibles sont ceux des traitements T0 et T2. Le T2 paraît même avoir un système racinaire légèrement inférieur à T0 entre 20 et 35 cm, en dessous de la profondeur du travail du sol. Le dernier traitement avec labour superficiel (T1) a, en revanche, un enracinement nettement supérieur à ceux de T0 et T2.

Fig.7 Taux d'exploration racinaire  
 % de cases d'observation du sol (5x5 cm)  
 avec au moins une racine primaire de riz



Pes Tchololévo fév. 95



### 3 DISCUSSION

Les différentes mesures effectuées permettent de porter un diagnostic de l'état physique du profil cultural après 5 ans de culture continue suivant cinq modes de gestion du sol. Ce diagnostic a eu lieu en saison sèche au cours de l'interculture, plusieurs mois après la réalisation des techniques culturales susceptibles d'avoir modifié l'état du sol. On étudie donc ici les effets résiduels et cumulatifs des traitements. Une absence de fluctuations de densité apparente au moment de la mesure, ne signifie donc pas forcément une absence de différences en début de culture.

#### Aspects méthodologiques

Pour comparer valablement les traitements entre eux et porter un jugement sur la qualité de ceux-ci dans le domaine étudié, il est nécessaire que l'état initial du milieu physique puisse être considéré comme homogène ou, à défaut d'une véritable homogénéité, illusoire, qu'il n'y avait pas d'écarts marqués. Ceci n'a pu être fait, de façon détaillée, au moment de la mise en place du dispositif d'étude. En revanche, des observations et mesures diverses ont été effectuées en 1995, sur des caractéristiques pouvant être considérées comme stables à l'échelle de cinq ans. Au vu de ces résultats, on peut conclure à une homogénéité des milieux de départ suffisante pour autoriser des comparaisons de traitements.

On a estimé la capacité du sol à infiltrer l'eau de pluie suivant trois méthodes : l'une au laboratoire sur échantillons renaniés et destructurés, les deux autres in situ, en faisant infiltrer de l'eau soumise à une pression légèrement positive à la surface du sol (présence d'une nappe d'eau libre), ou légèrement négative, grâce à une technologie nouvelle.

La méthode de laboratoire, en milieu saturé, donne des perméabilités de 10 à 20 millimètres par heure, qui ne sont pas représentatives du fonctionnement d'un sol sec ou peu humide recevant une pluie. Celui-ci peut en effet supporter, sans ruissellement, des pluies d'intensités supérieures sans apparition immédiate de ruissellement. Au contraire, l'autre méthode de mesure de la perméabilité du sol en milieu saturé, avec une couche d'eau libre au dessus de la surface du sol, donne des valeurs de perméabilités dix fois plus élevées, nettement supérieures elles, à la capacité d'infiltration du

sol, dès que la pluie a une durée supérieure à quelques minutes. C'est la méthode d'infiltrométrie multidisques à pression légèrement négative, donnant accès aux deux paramètres explicatifs de l'infiltration (conductivité hydraulique et sorptivité), qui permet d'aboutir à des valeurs d'infiltrabilité réalistes. Elle permet d'estimer l'intervalle de temps pendant lequel une pluie d'intensité donnée va pouvoir s'infiltrer entièrement. Ce temps dépend de l'humidité de départ du sol, de l'intensité de l'averse, et des deux paramètres évalués par la méthode d'infiltrométrie multidisques : la conductivité hydraulique, expression des phénomènes gravitaires, et la sorptivité, expression des phénomènes capillaires. On ne retiendra, dans la comparaison des traitements agronomiques, que les résultats d'infiltrabilité relatifs à cette dernière méthode.

### Aspects agronomiques

Pour l'essentiel, les différences observées entre les modes de gestion du sol sont donc dûes aux techniques culturales appliquées. Les résultats permettent d'aboutir au diagnostic suivant :

T0. Le traitement T0, correspondant à l'itinéraire technique conseillé par la société de développement locale, sert ici de témoin de référence. Il est caractérisé principalement par un labour superficiel en traction bovine, suivi d'un semis du riz à la volée avec recouvrement des graines par un passage de herse.

Les mesures n'ont pas permis de déceler de problèmes structuraux majeurs, mais l'infiltrabilité est moyenne, avec des risques non négligeables d'apparition rapide (après environ cinq minutes) de ruissellement pour des averses d'intensité supérieure à 30 mm/h. Par ailleurs, le système racinaire du riz est peu développé en dessous de 20 cm, réduisant la capacité de la culture à utiliser l'eau et les éléments nutritifs du sol.

T1. Le traitement T1, proche de T0 s'en différencie par le mode de semis, en poquets, directement sur le labour. Le sol reste donc vierge de tout passage d'outil après le labour.

Les caractéristiques physiques (densités apparentes) sont peu modifiées. En revanche, la sorptivité capillaire est plus forte, ce qui conduit à une meilleure infiltrabilité en cas d'averse violente. La différence la plus marquée est relative à la densité racinaire, T1 étant nettement supérieur à

T0. Il semble donc que le travail supplémentaire de reprise de labour à la herse sur T0, a eu pour effet immédiat de dégrader légèrement la structure créée par le labour. Les conséquences portent sur : i) la porosité du sol en surface, entraînant une diminution de la sorptivité capillaire, ii) le taux d'exploration du sol par les racines. Il est possible que la densité apparente du sol en surface ait été également modifiée par le hersage, mais du fait d'une certaine fugacité de l'effet du travail du sol sur cette variable souvent observée, les différences entre T0 et T1 ne sont plus visibles au moment des mesures.

T2. Le traitement T2 a bénéficié d'un travail du sol sur une profondeur comparable à celle des traitements 0 et 1, mais réalisé avec un outil tout à fait différent (disques de cover crop en traction motorisée). Comme sur T1, il n'y a pas eu de passages ultérieurs d'outils, ce qui facilite la comparaison entre ces deux traitements.

Celle-ci fait ressortir qu'en surface, les caractéristiques du sol sont peu différentes, y compris l'infiltrabilité. En revanche, les variables qui ont pu être mesurées en dessous de 15 cm, donc en dessous de la couche travaillée (résistance du sol à la pénétration et densité racinaire), font ressortir une augmentation de la première et une diminution de la seconde. Ces deux résultats convergents incitent à conclure à la présence d'un horizon plus ou moins compacté en dessous de la couche travaillée aux disques en traction motorisée. Cette compaction peut être le résultat cumulatif des cinq passages d'outils à disques en 5 ans. Ces résultats doivent inviter à une grande prudence dans l'utilisation du travail du sol aux disques, en particulier les techniques de pulvérisage, dans les sols fragiles et soumis à des pluies de forte intensité, comme celui considéré ici.

T3. La seule différence entre les traitements T1 et T3 est relative à la profondeur du labour (T3 : 30 cm, T1 10 à 15 cm) et sans doute à la qualité du travail.

Toutes les caractéristiques physiques, hydrodynamiques et racinaires mesurées montrent une supériorité de T3 par rapport à T1 et à fortiori par rapport à T0 et T2. Les différences sont particulièrement nettes en ce qui concerne les variables hydrodynamiques (conductivité hydraulique, temps d'apparition du ruissellement multiplié par 5 pour une pluie de 45 mm/h). La structure du sol due au labour paraît jouer ici un rôle déterminant, car c'est sur ce seul traitement que les conductivités hydrauliques mesurées in situ et

sur échantillons dont on a détruit la structure sont réellement éloignées). Le système racinaire est également nettement amélioré (densité de racines primaires multiplié par 3 en dessous de 20 cm de profondeur). Ces deux variables, infiltrabilité du sol et enracinement sont en relation directe avec le fonctionnement de la culture et sont donc susceptibles d'avoir une incidence notable sur la production. Ce mode de gestion du sol est donc particulièrement intéressant, du point de vue du maintien de la fertilité physique du sol.

T4. Le traitement T4 a eu une histoire culturale plus complexe et assez différente de celle du reste du dispositif, ce qui complique l'interprétation des résultats et limite leur portée. Entre 1991 et 1993, on y a d'abord traité le sol en zéro-labour avec implantation conjointe de cultures comme sur les autres traitements et de plantes de couverture. Les résultats ont été peu concluants et le sol resté en partie nu. En 1994, on y a implanté avec succès une plante de couverture, sans culture, après avoir préparé le sol comme sur T3.

Malgré un mode de gestion du sol très proche de celui de T3 en 1994, les résultats de T4 s'en écartent assez sensiblement, avec une qualité de l'état physique du sol inférieure. L'état physique du sol reste toutefois nettement meilleur que ceux des traitements T0, T1, T3. Les différences, par rapport à T3, se manifestent en surface à travers une conductivité hydraulique et une dimension des pores fonctionnels réduite, alors que la sorptivité est la même. Ceci entraîne une aptitude à l'infiltration réduite, en particulier pour des intensités d'averses faibles ou moyennes. Plus en profondeur, entre 10 et 20 cm, la résistance du sol à la pénétration est plus élevée que sur l'autre traitement en labour profond (T3).

La qualité du labour réalisé dans les mêmes conditions avec le même outil n'est pas à mettre en cause ici. Les différences de comportement du sol en surface pourraient s'expliquer par le maintien d'un sol en grande partie nu pendant une durée de près de deux mois, avant que la plante de couverture, de croissance lente ne recouvre réellement le sol. Une autre hypothèse envisageable est une occupation d'une partie des pores les plus gros, les plus contributifs de la conductivité hydraulique, par les racines de la plante de couverture, bien développées au moment des mesures et pour la plupart encore fonctionnelles ou de mortalité récente. Ceci réduirait donc la conductivité sans réduire la sorptivité. Sur le traitement T3, les racines du riz, récolté depuis plusieurs mois, sont en grande partie décomposées (au moins les plus

fines), rendant possible la circulation de l'eau. La différence de cohésion du sol observée entre les deux traitements T3 et T4, entre 10 et 20 cm de profondeur, alors qu'elle est faible entre 0 et 10 cm, doit trouver une explication indépendante de celles envisagées pour l'horizon de surface. On n'a pas, pour l'instant et avec les éléments de diagnostic disponibles, d'hypothèses fortes pour expliquer ces différences. On peut néanmoins envisager une certaine dégradation des caractéristiques physiques et mécaniques du sol, suite au mode de gestion en semis direct avec des plantes couvrant mal le sol entre 1991 et 1993. La dégradation serait alors encore visible après un labour profonds en 1994, supposé avoir reconstruit la structure et après plusieurs mois d'occupation du sol par une plante de couverture. Ceci correspondrait donc à une dégradation durable de la structure.

Toutefois, il ne peut être exclu que la différence de résistance à la pénétration soit simplement fortuite, liée à la variabilité spatiale du milieu et au caractère ponctuel de la mesure. Des mesures complémentaires, en particulier racinaires, seraient donc nécessaires pour conforter ou non les différentes hypothèses émises, relatives au comportement du sol de cette parcelle.



### CONCLUSION

Dans le milieu étudié, c'est le mode de gestion du sol avec labour profond qui, du point de vue de l'état physique du sol et de son fonctionnement, donne les résultats les plus satisfaisants. L'autre technique de travail du sol en traction motorisée, donne au contraire les résultats les moins bons avec, en particulier, apparition d'un tassement du sol en dessous de la limite de travail. Le labour aux boeufs, réalisé sur une profondeur équivalente à celle du travail motorisé aux disques, donne des résultats globalement plus satisfaisants que ceux obtenus avec les disques. Ils sont, bien sûr, inférieurs à ceux du traitement avec labour profond, plus coûteux. La comparaison entre un labour suivi d'un hersage et un labour suivi d'un semis direct est à l'avantage de la seconde technique qui permet de mieux conserver la structure créée par le labour dans ce type de sol de faible stabilité structurale et dans ce climat à pluies violentes.

On rappelle que la technique du labour profond a été mise en oeuvre, ici, de façon continue, pendant 5 ans. L'absence apparente d'effets défavorables sur le sol plaide pour la durabilité de ce mode de gestion du sol. En revanche, une technique comme le "labour" avec un cover crop, qui peut avoir un intérêt certain du point de vue technique (facilité de réalisation) et économique (faible coût) et peut même améliorer temporairement le rendement a montré ici ses limites du point de vue de la durabilité de sa mise en oeuvre en agriculture fixée.

Le choix final d'une technique de gestion du sol ou d'une autre dans les systèmes des paysans doit nécessairement prendre en compte différents facteurs décisionnels en particulier agronomiques (production : niveau, stabilité), techniques, économiques et humains qui dépassent largement le cadre de ce travail. Il n'est donc pas ici question de porter un jugement global sur l'intérêt des pratiques étudiées, encore moins de proposer des alternatives techniques, au seul regard de la composante physique de la fertilité. Celle-ci reste, cependant, un élément important du choix final en matière de travail du sol en agriculture fixée.

Il faut donc être en mesure de l'évaluer avec des outils de diagnostic opérationnels en milieu réel. Ceux mis en oeuvre ici ont montré leur utilité. Certains, comme les mesures infiltrométriques, sortaient pourtant pour la première fois de la "station".

Ces tous premiers résultats sont encore trop fragmentaires pour avoir une réelle capacité de pronostic. La poursuite des travaux sur le site et sur d'autres en milieu réel devrait permettre, en enrichissant le référentiel, d'aboutir à une compréhension (modélisation ?) des relations techniques culturales-état physique du sol-comportement de la culture. On pourrait ainsi arriver, dans le domaine concerné, à extrapoler et à généraliser les résultats, forcément ponctuels, obtenus par la recherche en milieu réel.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CASTA P, CHOPART JL, JANEAU C, VALENTIN C (1989) Mesure du ruissellement sur un sol gravillonnaire de Côte d'Ivoire après six ans de culture continue avec ou sans labour. *L'Agron. Trop.* 44-4, 255-262

CASENAVE A, VALENTIN C (1989) Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration. ORSTOM éditeur, France 229 p.

CHARPENTIER H (1995) Synthèse des résultats du PES de Tchololévogo (à paraître)

CHOPART JL (1985) Développement racinaire de quelques espèces annuelles cultivées en Afrique de l'Ouest et résistance à la sécheresse. In : *La sécheresse en zone intertropicale. Pour une lutte intégrée* (CILF éd. Paris) 145-154

CHOPART JL (1989) Effect of tillage on a corn-cotton sequence in Côte d'Ivoire. In : *Soil Crop and Water Management in the Sudano-Sahelian Zone*. ICRISAT ed. 325-331

CHOPART JL (1989) Méthodes d'étude de l'enracinement à mettre en oeuvre dans le projet de recherche : amélioration de l'alimentation hydrique par les techniques culturales. Note Technique, recommandations. *Note technique n° 4/89/syst. CV IDESSA BP 633 Bouaké* 16 p.

CHOPART JL (1990) Variable effects of soil cultivation on maize production in the Ivory Coast as a function of conditions affecting water supply. In : *climatic risk in crop production : models and management in the semi-arid tropics and sub-tropics. Poster papers from int. symposium Brisbane*. Muchow and Bellamy CSIRO ed. Australie 104-105

CHOPART JL (1990) Rôle du travail du sol sur les termes du bilan hydrique - enracinement-rendement des cultures pluviales (cas du Sénégal et de la Côte d'Ivoire). In : *Agronomie et ressources naturelles en régions tropicales*. CIRAD éd. Montpellier. 223-237

CHOPART JL (1994) Techniques de gestion du sol et alimentation hydrique des cultures annuelles tropicales. Etude coordonnée des effets du labour, de l'engrais et du fumier dans cinq pays d'Afrique Tropicale sèche et sub-humide. *Rapport final projet CEE TS2A 14 F*. CIRAD éd. Montpellier. 77 p. + ann.

CHOPART JL, KONE D (1985) Influence de différentes techniques de travail du sol sur l'alimentation hydrique du maïs et du cotonnier en Côte d'Ivoire. *L'Agron. Trop.* 40-3, 223-229

CHOPART JL, VAUCLIN M, NICOU R (1991) Le bilan hydrique : dilettantisme ou nécessité pour comprendre les relations milieu physique-culture en zone tropicale sèche ? In : *Soil Water Balance in the Sudano-Sahelian Zone* IAHS Public. n° 199 345-355

HOLGARTH WL, SARDANA V, WATSON KK, SANDER GC, PARLANGE JY, HAVERKAMP R (1991) Testing of approximate expressions for soil water status at the surface during infiltration. *Water Res.* 27 8 1957-1961

KALMS JM (1977) Studies of cultivation techniques at Bouaké Ivory Coast. In : *Soil conservation and management in the humid tropics*. DJ Greenland, Lal R ed J Wiley New York 195-200

NICOU R, CHARREAU C, CHOPART JL (1993) Tillage and soil physical properties in semi arid west Africa. *Soil and tillage Research* 27, 125-147.

MANICHON H (1982) Influence des systèmes de culture sur le profil cultural : élaboration d'une méthode de diagnostic basée sur l'observation morphologique. *Thèse Doct. Ing. Sc. Agronomiques INA-PG* 214 pp. + ann.

PERROUX KM, WHITE I (1988) Design for disk permeameter. *Soil Sci. Am. J.* 52 1205-1215

SCOTTER DR, CLOTHIER BE, HARPER ER (1982) Measuring saturated hydraulic conductivity and sorptivity using twin rings. *Aust. J. Soil Res.* 20 295-304.

SEGUY L (1982) Mise au point de systèmes de production en culture manuelle à base de riz pluvial utilisable par les petits producteurs de Cocaï au NE du Brésil. *L'Agron. Trop.* 37-2 233-261

SMETTEN KRJ, CLOTHIER BE (1989) Mesuring unsaturated sorptivity and hydraulic conductivity using multiple disk permeameters. *J. Soil Sci.* 40 563-568

TARDIEU M, MANICHON H (1986) Caractérisation en tant que capteur d'eau de l'enracinement du maïs en parcelle cultivée. *Agronomie* 6 4 345-354 et 6 5 415-425.

VAUCLIN M, CHOPART JL (1991) Méthodologie d'analyse de la variabilité spatiale de dispositifs agronomiques. *In : Utilisation rationnelle de l'eau des petits bassins versants en zone aride*. Aupelf-Uref éd. John Libbey Eurotext Paris 307-315.

VAUCLIN M, CHOPART JL (1992) L'infiltrométrie multidisques pour la détermination in situ des caractéristiques hydrodynamiques de la surface d'un sol gravillonnaire de Côte d'Ivoire. *L'Agron. Trop.* 46-4 11-27.



